

UNIVERSITÉ DE PARIS

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS

Année 1908-1909

N° 3.

Contribution à l'Étude

DE

L'HYDROLOGIE DU CHILI

THÈSE

Pour l'obtention du Diplôme de Docteur de l'Université
de Paris (Pharmacie)

Présentée et soutenue, le 30 Mars 1909

PAR

JARA (Ricardo)

Président : M. BOUCHARDAT, *professeur.*
Juges { MM. GAUTIER, *professeur.*
GUERBET, *agrégé.*

PARIS

IMPRIMERIE A.-HULIN

3, rue des Grands-Augustins

1909

UNIVERSITÉ DE PARIS

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS

Année 1908-1909

N° 3.

Contribution à l'Étude

DE

L'HYDROLOGIE DU CHILI

THÈSE

Pour l'obtention du Diplôme de Docteur de l'Université
de Paris (Pharmacie)

Présentée et soutenue, le 30 Mars 1909

PAR

JARA (Ricardo)

Président : M. BOUCHARDAT, *professeur.*
Juges { MM. GAUTIER, *professeur.*
GUERBET, *agréé.*

PARIS

IMPRIMERIE A. HULIN

3, rue des Grands-Augustins

1909

PERSONNEL DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

ADMINISTRATION

MM. GUIGNARD, Directeur, Membre de l'Institut, O. ✱, Q I.
BOUCHARDAT, Assesseur, O. ✱, Q I.
E. MUSSON, Secrétaire, Q I.

PROFESSEURS

BOUCHARDAT, O. ✱, Q I.	Hydrologie et minéralogie.
MM. GUIGNARD, Membre de l'Institut, O. ✱, Q I.	Botanique générale.
VILLIERS-MORIAMÉ, ✱, Q I.	Chimie analytique.
BOURQUELOT, ✱, Q I.	Pharmacie galénique.
GAUTIER, ✱, Q I.	Chimie minérale.
RADAIS, Q I.	Cryptogamie.
BÉHAL, ✱, Q I.	Chimie organique.
PERROT, ✱, Q I.	Matière médicale.
COUTIÈRE, Q I.	Zoologie.
BERTHELOT, Q I.	Physique.
GRIMBERT, Q I.	Chimie biologique.
MOUREU, ✱, Q I.	Pharmacie chimique.
LEBEAU, Q I.	Toxicologie.

Professeurs honoraires : MM. MARCHAND, Q I.
JUNGFLESCH, O, ✱, Q I.

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM. GUERRET, Q I.	MM. GUÉRIN, Q I.
DELÉPINE, Q I.	GUÉGUEN, Q I.
TASSILLY, Q I.	LUTZ, Q I.

CHEFS DES TRAVAUX PRATIQUES

MM. DEFACQZ, Q I.	Chimie générale.
COUSIN, Q I.	Chimie analytique.
GORIS, Q A.	Micrographie.
MOURLOT, Q A.	Physique.
BARTHELAT, Q I.	Microbiologie.

Chef du Laboratoire des examens pratiques : M. VALEUR, Q A.
Bibliothécaire : M. DORVEAUX, Q I.

A

M. LE PROFESSEUR HENRI GAUTIER

Respectueux hommage.

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

A MA MÈRE

AVANT-PROPOS

Le travail que nous allons présenter porte sur l'étude hydrologique de la deuxième et troisième zone du Chili.

Ces recherches ont été effectuées dans le laboratoire de chimie minérale de l'Ecole Supérieure de Pharmacie de Paris et sous la haute direction de M. le professeur Gauthier.

Nous tenons à manifester ici à M. le professeur Gauthier notre vive et entière gratitude pour la bienveillance qu'il n'a cessé de nous témoigner.

Nous adressons également à M. Houdas, son chef de laboratoire, nos sincères remerciements pour les conseils éclairés qu'il nous a prodigués.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Première Partie

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Nous avons considéré comme nécessaire de donner un aperçu sur les bornes du Chili ainsi que quelques renseignements sur sa configuration, sa météorologie, sa géologie et son hydrographie, étant donné que dans la suite de ce travail nous aurons besoin de nous y reporter pour la clarté de notre exposé.

Les indications suivantes ont été empruntées à la géographie physique du Chili publiée par M. Pissis à qui de longues et minutieuses explorations sur le territoire chilien ont permis de lever le plan topographique de la République du Chili et d'étudier sa météorologie, ainsi que la constitution géologique de ses terrains.

Nous donnerons ensuite un résumé des eaux minérales ainsi que les principaux caractères hydrologiques de deux zones du Chili.

Nous y joindrons quelques analyses d'eaux dues soit à M. Domeyko soit à d'autres chimistes.

Bornes du Chili

La République du Chili occupe dans l'Amérique du Sud une longue et étroite bande de terre que la Cordillère des Andes si grandiose semble détacher des terres voisines pour la rejeter vers l'Océan Pacifique.

Elle s'étend depuis le 17°57' de latitude australe jusqu'au cap Horn, au 59°59' y compris les îles de Diego Ramirez et la Terre de Feu, situées au sud du détroit de Magellan, comme aussi les îles de Juan Fernandez, de San Félix, de Pascua et d'autres encore plus rapprochées du continent.

Au nord elle est séparée du Pérou par le fleuve Sama ; elle est bornée à l'ouest et au sud par l'Océan Pacifique ; à l'est ses limites sont : 1° la Bolivie, depuis la naissance du fleuve Sama jusqu'au volcan Tua par 20°46' de latitude et 68°27' de longitude ouest de Greenwich ; puis une ligne qui se dirigerait vers le sud en passant par le lac d'Asco-tan et les cimes des volcans Tabona et Licancaur, par 22°50' de latitude et 67°52' de longitude ouest, pour courir vers l'est jusqu'au passage de Sapaleri, repasser par le sud pour se terminer enfin vers l'ouest à l'intersection du 23^e parallèle avec le 67° méridien de Greenwich ; 2° la République Argentine, en suivant une ligne allant de l'intersection du 23^e parallèle avec le 67° méridien jusqu'à Aguas Blancas

pour se continuer par une autre ligne qui passe par les cimes des montagnes Colorados, Lagunas Bravas et Sierra Nevada, et de ce dernier point jusqu'au parallèle $26^{\circ}32'45''$.

Depuis cette dernière latitude jusqu'au 52° parallèle sud la ligne de séparation du Chili et de la République Argentine suit une direction sinueuse.

A partir du 52° parallèle, elle se continue vers l'est et passe ensuite au sud-est par les cimes des montagnes Amon et Dinero où se termine la pointe Dungeness ou Miera, à l'extrémité orientale du détroit de Magellan.

Du côté opposé, cette ligne de séparation part du cap de Santo Espiritu, au $52^{\circ}40'$ de latitude et se prolonge au sud par le canal de Beagle, où elle coïncide avec le méridien $68^{\circ}34'$; de là elle monte par ce même canal, vers l'est et là abandonne la section orientale de la Terre de Feu ainsi que l'île et les îlots des Estados à la République Argentine, tandis que la partie occidentale et australe de la Terre de Feu reste avec le cap Horn au Chili.

Configuration

Le Chili est formé par une longue et étroite langue de terre qui s'étend sur plus de 38 degrés de latitude et s'incline à l'ouest de 5 degrés de longitude, depuis Arica par $18^{\circ}28'$ de latitude et $70^{\circ}21'$ de longitude jusqu'au cap des Tres Montes par $46^{\circ}59'$ de latitude et $75^{\circ}26'$ de longitude et de là à l'est, jusqu'au cap Horn, par $55^{\circ}59'$ de latitude et $67^{\circ}16'$ de longitude

Sa largeur varie beaucoup, selon les diverses latitudes :

au 33^e degré par exemple elle est de 150 kilomètres. au 36^e degré elle atteint 170, et 180 au 38^e degré : ces chiffres sont même dépassés en plusieurs autres endroits.

Toute l'étendue de la côte, qui est baignée par l'Océan Pacifique, est généralement uniforme dans la partie nord, mais elle est très accidentée dans la partie méridionale, où elle est coupée de golfes et de baies qui lui donnent une certaine ressemblance avec les côtes nord et ouest de la Scandinavie.

La limite orientale du territoire est formée par la Cordillère des Andes, qui suit une ligne à peu près parallèle à la côte, mais un peu anguleuse dans ses extrémités nord et sud, entre le 23^e et le 26^e5' et entre le 52^e parallèle et le cap Horn.

Orographie

Le Chili est parcouru dans toute son étendue par deux chaînes de montagnes, qui s'étendent parallèlement du nord au sud et émettent en divers points de nombreuses ramifications.

La plus importante des deux est la grande *Cordillère des Andes*.

Cette imposante Cordillère est formée de montagnes aux versants rapides, parsemées de grands pics coniques couverts de neiges éternelles.

De loin en loin, cette Cordillère se trouve coupée par des gorges formant des passages, qui permettent la communication avec la République Argentine.

Quelques-unes de ces gorges atteignent des altitudes considérables, qui diminuent progressivement du nord au sud jusqu'au détroit de Magellan où elles n'ont plus que quelques centaines de mètres au-dessus de l'Océan Pacifique.

De même les sommets de cette Cordillère atteignent de grandes altitudes et s'abaissent graduellement dans la direction du nord au sud.

Les cimes les plus élevées des Andes sont : l'Aconcagua (6.970 mètres, par 32°39' de latitude), le Tupungato (6.424 mètres, par 33°25' de latitude), le volcan San José (6.096 mètres, par 33°44' de latitude) et le Juncal (6.151 mètres par 33 02' de latitude).

La deuxième chaîne de montagnes du Chili comprend des collines à pentes douces et très boisées ; c'est *la Cordillère côtière ou Cordillère occidentale*.

Les cimes à une hauteur moyenne de 1.000 à 3.000 mètres sont coiffées parfois pendant l'hiver de neiges qui disparaissent au printemps.

Cette Cordillère longe la côte et forme de grandes et nombreuses îles dans la partie australe, vers le 41°30' de latitude.

Ce sont les gorges de cette Cordillère côtière qui livrent passage aux nombreuses rivières qui descendent des montagnes pour se jeter dans l'Océan Pacifique.

Vallée longitudinale

Une des particularités les plus frappantes de l'orographie

du Chili est l'existence entre les deux Cordillères que nous venons de décrire d'une dépression très visible dans la configuration du terrain

Au nord du 33^e degré de latitude cette dépression se manifeste par la présence de petites gorges et de petits plateaux, tandis qu'au sud de ce parallèle elle est couverte d'alluvions récentes, formant une grande vallée centrale, très étendue, où se trouvent situées la plupart des villes principales. Elle s'étend du nord au sud, depuis le 33°4' jusqu'au 41°30' de latitude.

A son origine, cette vallée est entrecoupée de nombreuses branches de montagnes qui se détachent de la Cordillère des Andes, donnant ainsi naissance aux plateaux où se trouvent les villes de **Santiago** et de **Rancagua**.

Cette vallée a une inclinaison accentuée de l'est à l'ouest et s'abaisse progressivement au sud jusqu'au golfe de **Reloncavi**.

Toute l'étendue de cette vallée forme la zone la plus riche du pays, au point de vue agricole, en raison de la nature de ses terrains et des nombreuses rivières qui l'arrosent.

Sa superficie est évaluée approximativement à 46.500 kilomètres carrés.

Zones longitudinales

Longitudinalement le Chili peut se diviser en cinq zones de terres, très différentes les unes des autres.

La première, qui occupe les montagnes et les hauts pla-

teaux des Andes, est d'ordinaire couverte de neiges et dépourvue de végétation ; c'est là que prennent naissance les nombreuses rivières qui traversent le territoire.

La *seconde* est formée par les flancs des montagnes des Andes : on y trouve d'étroits passages, sortes de petites vallées où la flore est généralement abondante mais moins cependant qu'autrefois.

La *troisième* zone comprend la vallée longitudinale.

La *quatrième* zone est constituée par la Cordillère côtière.

Quant à la *cinquième* zone ou zone riveraine, elle s'étale entre la Cordillère occidentale et l'Océan Pacifique.

Zones transversales

Au point de vue géographique et physique, le territoire du Chili peut se diviser en quatre zones transversales ; ce sont, du nord au sud :

PREMIÈRE ZONE. — *Du 18° au 27° parallèle.* — Cette zone comprend les provinces de *Tacna*, *Tarapacá*, *Antofagasta* et la partie nord de celle d'*Atacama*.

Elle est caractérisée par le manque presque absolu de pluies, de cours d'eau et par suite, de végétation. Çà et là des volcans adossés aux Andes, d'immenses dépôts salins de toutes espèces dont les plus appréciés contiennent du nitrate de soude, du borate de calcium dans le centre, du guano sur la côte, et des minerais de cuivre, d'argent, etc., dans la partie sud.

DEUXIÈME ZONE. — *Du 27° au 33° parallèle.* — Cette

zone comprend la partie sud de la province d'*Atacama*, et les provinces de *Coquimbo* et d'*Aconcagua*. C'est dans cette zone que les Andes acquièrent leur plus grande altitude, c'est là aussi qu'elles émettent de nombreuses ramifications qui vont se dirigeant vers l'ouest.

Il n'y a pas de volcans.

Dans les régions inférieures situées entre les deux systèmes des Cordillères de cette zone, se trouvent d'abondants dépôts métallifères.

On signale peu de pluies ; les rivières sont peu abondantes et leurs eaux arrivent avec peine jusqu'à l'Océan Pacifique.

La végétation est pauvre, si ce n'est à l'extrémité sud de cette zone où elle commence à apparaître.

TROISIÈME ZONE. — *Du 33° au 43° 30 parallèle.* — Cette zone comprend dix-sept provinces, depuis celle de *Valparaíso* jusqu'à celle de *Chiloé*. Elle embrasse toute l'étendue de la vallée longitudinale : elle occupe donc la première place en vertu de sa richesse agricole. Les Andes commencent ici à décroître et à former des cônes volcaniques, les uns actifs, les autres éteints. Les pluies sont fréquentes, les rivières nombreuses jouissent d'un grand débit.

QUATRIÈME ZONE. — *Du 43° 30 au 57° parallèle.* — Dans cette zone la vallée longitudinale disparaît et le prolongement interrompu de la Cordillère maritime ou côtière forme divers archipels où l'on trouve des terrains propices à l'agriculture et à l'élevage du bétail.

Elle est extrêmement pluvieuse. Elle est limitée à l'est par les Andes dont les versants sont tapissés par des forêts tandis que les sommets restent couverts de neiges.

Climatologie et météorologie

Climat

La situation du Chili dans le continent américain où il occupe une étendue de terre comprenant 40 degrés du nord au sud et qui s'élève du bord de l'Océan Pacifique jusqu'aux cimes les plus élevées de la Cordillère des Andes, cette situation, disons-nous, jointe à la configuration spéciale du territoire et à diverses autres causes locales, donnent au Chili un climat très varié mais favorable néanmoins à tous les organismes et à toutes les cultures.

Les chaleurs au Chili sont modérées, les hivers de la Terre de Feu sont moins rigoureux que ceux des régions tempérées européennes. La douceur du climat dans la région septentrionale est due principalement à l'action rafraichissante du courant maritime de Humboldt, qui parcourt toutes les côtes du Chili en emportant au nord les eaux relativement froides des mers qui avoisinent le pôle antarctique.

L'élévation graduelle du territoire de l'ouest vers l'est contribue à augmenter cette variété de climat. Il est donc possible de passer des régions tempérées aux régions glaciales des Andes les plus élevées, tout en demeurant sous la même latitude.

Toutes ces conditions permettent de diviser le Chili en trois régions longitudinales.

Ces trois régions correspondent aux côtes, à la vallée longitudinale et à la Cordillère des Andes.

Régions côtières. — La température des régions côtières décroît avec la latitude.

Les données suivantes permettent de se rendre compte de la décroissance de la température de quelques villes sises le long de la côte.

Noms des villes	Latitude	Altitude	Températ. moyenne annuelle
Caldera	27°3'	25 mètres	15°77
Coquimbo	29°56'	25 »	15°66
Serena	29°54'	27 »	14°79
Valparaíso	32°02'	40 »	13°71
Vadivia	39°51'	12 »	11°01
Coronel			11°
Ancud	41°51'	20 »	11°04
Punta-Arenas (Magallanes)	53°	55 »	7°24

La neige ne tombe jamais au nord du parallèle 6, elle tombe parfois au sud du parallèle 39 mais n'y séjourne pas ; enfin à Punta-Arenas elle recouvre la terre depuis le milieu de mai jusqu'à mi-septembre.

Régions centrales. — Dans la partie du territoire comprise entre la Cordillère côtière et la base des Andes, c'est-à-dire au centre du Chili, la température moyenne des villes est un peu moins élevée que celle des régions côtières, à cause de l'influence produite par la configuration du terrain, les villes se trouvant ainsi plus ou moins exposées à la radiation nocturne et aux courants d'air froid qui descendent des Andes.

Ce n'est que rarement qu'il tombe de la neige, et quand elle tombe elle ne reste jamais sur le sol plus d'une demi-journée, même dans les endroits situés à 800 mètres d'altitude, car il suffit des premiers rayons du soleil pour la voir fondre.

Pendant la saison d'hiver les écarts thermométriques sont considérables.

C'est ainsi que la température s'élève à 20 et 25 degrés pendant la journée pour redescendre à 0 degré et même au-dessous durant la nuit.

L'été on observe les mêmes oscillations : le thermomètre monte à 28° dans la journée et descend la nuit à 15° et 12°.

Ces changements brusques sont dus au voisinage de la Cordillère des Andes qui demeure complètement ensevelie sous les neiges jusqu'au niveau de 1.400 à 1.500 mètres ; l'air ambiant se refroidit alors à leur contact et pendant la nuit descend sur la vallée.

Dans la partie sud de ces régions, ces variations de température sont moins sensibles.

Enfin, dans les villes de ces régions, comme dans celles qui avoisinent la côte, on remarque que la température décroît avec la latitude.

Les données suivantes relatent les températures moyennes de quelques villes importantes du centre.

Noms des villes	Latitude	Altitude	Temp. moyenne annuelle
Copiapo.	27°10'	391 mètres	17°66
Santiago	33°25'	569 »	17°90
Puerto Montt	41°30'	0 »	11°79

Régions des Andes. — Dans ces régions, la température baisse irrégulièrement à mesure que l'on s'élève.

A une altitude de 1.300 mètres on est frappé par les différences de température du jour et de la nuit.

Ainsi dans le parallèle 28°, le thermomètre durant l'été indique 38° le jour et 8° la nuit.

L'hiver, le sol reste couvert de neige plusieurs jours, ce qui donne une température de 6 et 5°.

Si l'on dépasse 2.000 mètres d'altitude, soit dans les vallons, soit sur les ramifications des Andes, on note un refroidissement atmosphérique plus intense ; le vent de l'ouest maintient constamment la température entre 18 et 20° pendant le jour et entre 6 et 5° au-dessous de 0 pendant la nuit.

Entre 3.000 et 4.000 mètres d'altitude, la température diurne maxima ne dépasse jamais 12° même dans les régions les plus tropicales, et la gelée sévit toutes les nuits.

Vents

Les principaux vents qui soufflent sur le Chili sont les vents du nord-ouest et du sud-ouest, sans parler des deux courants secondaires dus aux conditions topographiques du pays.

Les vents alisés, qui devraient souffler avec fréquence, vu la situation géographique du Chili, sont arrêtés par la Cordillère des Andes et ne se font sentir que très loin de la côte.

Le vent du sud, froid et sec, règne constamment dans la vallée centrale pendant la belle saison.

Le vent du nord, originaire de l'équateur, est le contre courant du précédent ; il est tiède et porte en suspension

une grande quantité de vapeur d'eau, qui suivant les couches d'air plus ou moins froides qu'il traverse, se condense sous forme de brouillards dans les provinces du nord et sous la forme de pluies, peu fréquentes dans les provinces du centre, mais plus abondantes dans celles du midi.

Ce vent balaye très souvent les provinces de Tarapacá et d'Atacama.

Dans celles qui sont situées au-dessous du 32^e parallèle, il ne se fait sentir qu'en hiver. Mais il est alors précurseur de la pluie. En un mot, plus la latitude est basse plus le vent du Nord est fréquent.

Le courant secondaire de l'est qui descend de la Cordillère est frais et ne souffle que la nuit. C'est à ce courant que toutes les villes de la vallée centrale doivent leur fraîcheur si appréciable pendant l'été.

Le courant de l'ouest est une brise marine qui doit son origine à la déviation des vents principaux naissant sur les chaînes de montagnes qui surplombent les vallées.

Pluies

Les pluies manquent absolument dans la partie la plus septentrionale du Chili ; elles sont remplacées par d'épais brouillards nocturnes ; on les voit apparaître rarement dans la province d'Atacama ; elles sont un peu plus fréquentes dans la zone centrale, mais deviennent très abondantes dans le midi.

Dans les zones du nord et du centre, les pluies n'arrivent seulement qu'en hiver, il est rare d'en voir pendant l'été dans la zone centrale ; mais elles sont très fréquentes à

Valdivia, Chiloé et Llanquihue Les pluies ont une marche bien marquée du sud au nord quand elles commencent, et du nord au sud quand elles finissent.

Voici quelques chiffres, qui indiquent la moyenne d'eau de pluie tombée dans quelques villes du Chili et évaluée en millimètres :

Moyenne d'eau tombée par an

Copiapo.....	1 mm. 9
Serena.....	38 » 6
Valparaiso.....	359 » 6
Santiago.....	275 » 7
Talca.....	526 » 5
Valdivia.....	2557 » 4
Corral.....	2745 » 2
Puerto Montt.....	2263 » 0
Ancud.....	1320 » 9
Punta Arenas.....	494 » 3

Saisons

Les saisons sont partagées de la manière suivante :

ÉTÉ :	Décembre	Janvier	Février
AUTOMNE :	Mars	Avril	Mai
HIVER :	Juin	Juillet	Août
PRINTEMPS :	Septembre	Octobre	Novembre

Dans les régions septentrionales il n'existe que deux saisons : l'été qui va du mois de septembre au mois d'avril et le printemps qui occupe le restant de l'année.

Aperçu géologique

Formations stratifiées

Les terrains stratifiés débutent par des schistes cristallisés qui occupent généralement toute la largeur de la Cordillère côtière et reposent sur des roches granitiques.

Ensuite apparaissent des strates qui appartiennent à une autre formation et qui renferment des jaspes, des porphyres stratifiés et des schistes anthraciteux.

Ces strates disparaissent sur toute la superficie de la vallée longitudinale au-dessous d'une couche de terrains d'alluvions pour reparaitre dans les premières branches de la Cordillère des Andes ; elles émettent parfois des prolongements vers l'intérieur de cette Cordillère où elles occupent le fonds des ravins.

A ces strates succèdent d'autres strates appartenant à une formation différente et composées d'une argile rougeâtre ou verdâtre qu'accompagnent de puissants bancs de gypse.

Puis viennent des strates marneuses, arénacées et calcarifères.

Une puissante couche de calcaire compact occupe la partie tout à fait supérieure de ces dépôts sédimentaires.

Ces calcaires forment souvent les plus hauts sommets des Andes.

Tel est l'ordre de superposition des terrains stratifiés.

Les injections des roches massives ont entamé en divers points les strates des terrains stratifiés, mais sans modi-

fier toutefois l'ordre de superposition indiqué ci-dessus.

A ces formations que nous venons de décrire viennent s'en ajouter deux autres localisées en plusieurs endroits de la vallée longitudinale ou de la côte.

La première de ces formations renferme des dépôts arénacés et argileux, des bancs de lignite et des terrains d'alluvions, tandis que la deuxième est formée tantôt par des dépôts arénacés meubles alternant avec du gypse, du tuf léger ou des bancs de sel gemme tantôt par des bancs de sable à coquillages.

Les strates de ces deux dernières formations ne vont jamais plus loin que la base des Andes.

Les profondes études stratigraphiques et paléontologiques effectuées par M. Pissis ont permis de préciser l'âge relatif de ces terrains sédimentaires et de les ranger en sept séries, qui correspondent aux diverses périodes des formations sédimentaires européennes.

Ces séries sont les suivantes :

Première série : des schistes cristallins.

Deuxième — : de l'anthracite.

Troisième — : des arénacées rougeâtres.

Quatrième — : des argiles et du gypse.

Cinquième — : du calcaire.

Sixième — : du lignite.

Septième — : des sables à coquillages.

Il faut remarquer que les formations sédimentaires chiliennes renferment toutes les séries des périodes géologi-

ques, mais leurs subdivisions ne sont pas en rapport avec celles du continent européen.

La période précambrienne correspond à la série dite des schistes cristallins.

Les formations qui caractérisent les périodes silurienne, dévonienne et carboniférienne ne sont représentées au Chili que par la série de l'anhracite.

Les périodes permienne et triasique correspondent aux séries des arénacées rougeâtres et des argiles gypseuses.

La série du calcaire comprend toutes les subdivisions de la période jurassique et de la série éocénétique.

La série du lignite correspond à la série néocénétique et aux époques tertiaire et du diluvium.

Enfin la série des sables et des coquilles correspond à l'époque quaternaire.

Formations massives

Ces formations comprennent les roches suivantes : le granit, la syénite, les porphyres quartzifères, le trachyte, la phonolithe, les roches à base de feldspath labrador, les porphyres augitiques et les roches volcaniques (rétinites et phonolithes).

Les *granits* se trouvent dans la Cordillère côtière.

La *syénite* forme des bandes parallèles qui longent l'axe et la base occidentale de la Cordillère des Andes.

On en trouve encore sur certains points de la Cordillère maritime.

Les *porphyres* quartzifères existent surtout dans les Andes.

Les *trachytes* forment deux grandes bandes parallèles dans les Andes et dans la plaine longitudinale.

Les *phonolithes* se rencontrent dans les Andes et dans la partie centrale de la plaine longitudinale.

Diverses variétés de *roches à feldspath labrador* se trouvent dans les montagnes côtières et dans le désert d'Atacama.

Les *porphyres à pyroxène augite* jouent un rôle prépondérant dans la constitution des montagnes des Andes : on les trouve encore dans les montagnes côtières et dans la vallée longitudinale.

Hydrographie

Presque tous les cours d'eau qui sillonnent le Chili doivent leur source à la fusion des neiges qui se sont accumulées sur les sommets ou sur les flancs de la Cordillère des Andes ; ces sources sont situées à des altitudes quelquefois considérables et qui souvent dépassent 3.000 ou 4.000 mètres.

Il y en a cependant quelques-unes qui se forment sur le versant occidental de la Cordillère maritime.

Leur régime se trouve sous la dépendance des variations climatiques de la région qu'ils arrosent.

Depuis le 18° degré jusqu'au 27° degré de latitude les rivières ne sont pas très importantes ; entre les 32° et 35° degrés de latitude elles sont torrentielles et dans la région

plus australe leur débit augmente considérablement ; ces dernières malgré tout conservent un cours tranquille, ce qui permet d'en utiliser quelques unes pour la navigation.

Le débit des rivières de la région du nord n'est pas suffisant pour permettre à celles-ci d'arriver jusqu'à la mer, car le climat est si chaud qu'une évaporation intense se produit à leur surface ; en outre une partie de cette eau est utilisée pour l'arrosage des vallons et prairies environnants qui forment comme des oasis nombreuses au sein de ce désert : le reste enfin se perd par infiltration dans les terrains perméables ; leur lit se trouve alors entièrement à sec plusieurs kilomètres avant leur embouchure.

En plusieurs endroits les infiltrations s'épanchent au dehors pour donner naissance à différentes sources dont les eaux, en dissolvant les substances salines qui imprègnent les terrains, les rendent impropres à l'alimentation.

Les rivières de la zone comprise entre les 30° et 35° de grés de latitude sont soumises à deux crues annuelles ; l'une a lieu pendant la période de la fonte des neiges en été, et l'autre pendant la saison des pluies en hiver.

Les crues estivales ont une durée de quelques mois ; elles se produisent graduellement en novembre pour atteindre leur maximum vers la fin du mois de décembre,

Les eaux roulent sur des lits à fortes pentes en transportant jusqu'à l'Océan Pacifique les éléments qu'elles entraînent.

Ces crues estivales n'ont pas un effet bien sensible sur l'alimentation des rivières qui se trouvent au sud du 35° de gré de latitude.

Etant donné que les pluies sont moins fréquentes pendant l'hiver, l'eau provenant des neiges compense cette différence de débit : mais à partir de janvier celui ci diminue petit à petit jusqu'à l'arrivée de l'époque pluvieuse, qui commence généralement en mars.

Les plus fortes crues ont lieu en hiver, au mois de juin et de juillet, c'est alors le moment où les rivières quittent fréquemment leur lit et débordent sur les rives, mais la quantité de matériaux limoneux qu'elles entraînent sont en bien moins grande proportion que ceux des eaux de la région du nord. "

L'hydrographie au Chili peut être ramenée à deux sortes de bassins : les grands bassins qui s'étendent depuis la Cordillère des Andes jusqu'à l'Océan Pacifique et les petits bassins qui recueillent les eaux accumulées sur le versant occidental de la Cordillère maritime.

Sources minérales

Ces sources sont irrégulièrement réparties sur la totalité du territoire : plusieurs d'entre elles alimentent les divers établissements thermaux permettant ainsi aux chiliens de mettre à profit leurs vertus hydrothérapiques.

C'est à des hauteurs très différentes que ces sources minérales prennent naissance. Quelques-unes sont situées sur les bords de l'Océan Pacifique mais restent couvertes pendant les hautes marées, d'autres enfin naissent à la base ou dans les régions élevées des Andes.

On les trouve particulièrement dans les terrains très

accidentés des Cordillères chiliennes et à proximité ou au milieu même des roches granitiques, trachytiques, ou porphyriques métamorphisées.

Leur température elle-même est très variée. Ainsi, l'on connaît des sources ayant une température voisine du point d'ébullition tandis que d'autres n'ont que quelques degrés au-dessus de 0.

Les premières se font jour le plus souvent dans le voisinage des volcans ou des roches volcaniques.

La composition de ces eaux est assez variée.

Leur analyse faite d'une façon jusqu'ici incomplète peut cependant donner une idée approximative des éléments qui les constituent et a permis d'en tirer une classification.

Il y a toujours une relation étroite entre la nature des éléments salins qui les composent et la nature des roches où elles prennent naissance.

C'est ainsi que les sources dites de Cauquenes qui jaillissent des roches trachytiques contiennent des sels de calcium, de sodium et de lithium.

Celles, au contraire, situées dans des terrains calcaires comme les sources de la région du Maïpo par exemple, contiennent une grande proportion de sels de calcium.

Certaines sources, s'évaporant sur place, forment de véritables dépôts minéraux ; ces dépôts sont très répandus, nous citerons les tufs calcaires de la vallée de Maïpo dans la province de Santiago.

Certaines roches trachytiques qui se trouvent au voisinage des sources dites de Toro, dans la province de Coquimbo, ont été transformées en roches siliceuses de struc-

ture spongieuse et cette transformation est due à la disparition du feldspath.

Quant aux interstices de ces roches ils ont été peu à peu comblés par des dépôts de sulfate d'aluminium et de fer, de sulfate de calcium et d'oxyde de fer dus à l'évaporation de ces eaux.

On trouvera dans les tableaux ci-contre les grandes lignes des analyses de quelques-unes de ces eaux d'après Domeyko (1).

Eaux chlorurées

	Noms des stations			Cauque- nes (3)
	Apoquindo (2)			
	Source (Piedra)	Source (Litre)	Source (Cagnita)	
Chlorure de calcium . . .	1,018	1,68	2,165	2,168
» sodium . . .	0,386	0,695	1,177	1,031
» potassium .	0,004	0,004	»	»
» magnésium.	0,001	traces	0,034	traces
Sulfate de calcium. . .	0,022	0,053	0,052	0,06
» sodium . . .	»	»	»	0,032
Carbonate de calcium . .	0,042	»	»	»
» magnésium.	»	»	»	»
Silice	0,006	0,023	0,035	0,010
Alumine et oxyde de fer.	0,032	0,034	0,020	0,002
Acide phosphorique. . .	0,004	0,010	»	»
Iode	»	»	traces	»
Poids de sels anhydres				
par litre	1,515	2,499	3,483	3,303

1. *Anales de la Universidad de Chile*. T. XXXVIII, 1871, p. 248.

2. Située dans la province de Santiago.

3. Située dans la province de Colchagua.

Eaux sulfatées

	Noms des stations	
	Jahuel (1)	Chillan (2) Source Fierro
Sulfate de sodium	0,072	0,292
» calcium	0,047	0,408
» magnésium	0,071	0,188
» fer.	»	0,136
Chlorure de sodium	0,011	»
» potassium	0,001	»
Carbonate de calcium	0,101	»
Silice	0,02	0,100
Oxyde de fer	0,017	0,04
Alumine		
Poids des sels anhydres par litre.	0,34	1,164

Eaux chlorurées sulfatées

	Noms des stations		
	Colina (3)	Panimavida (4)	Catillo (5)
Chlorure de sodium . . .	0,147	0,114	0,103
» de potassium. .	»	»	»
» de magnésium .	0,009	0,003	0,002
Sulfate de sodium . . .	0,078	0,104	0,169
» de calcium . . .	0,02	0,091	0,007
Carbonate de calcium . .	0,067	»	0,008
Silice	0,016	0,044	0,061
Oxyde de fer et alumine.	0,007	0,014	0,005
Poids des sels anhydres par litre	0,344	0,37	0,355

1. Située dans la province d'Aconcagua.
2. Située dans la province de Chillan.
3. Située dans la province de Santiago.
4. Située dans la province de Linares.
5. Située dans la province de Linares.

Eaux sulfureuses

	Noms de la station Chillan (1)
Soufre	0,020
Chlorure de sodium	0,012
» de magnésium	0,006
Sulfate de sodium	0,090
Carbonate de sodium	0,044
» de calcium	0,25
Oxyde de fer et alumine	0,024
Poids des sels anhydres par litre.	<u>0,446</u>

1. Située dans la province de Chillan.

Deuxième Partie

Données générales sur l'hydrologie de la première et deuxième zones

PREMIÈRE ZONE

Nous avons déjà dit que cette zone n'était irriguée que par des rivières de peu d'importance.

Les cours d'eau issus des Andes, après avoir coulé sur une étendue plus ou moins longue, après avoir arrosé les divers oasis de ces régions disparaissent brusquement.

Cette disparition est due non seulement à l'évaporation intense qui se produit à la surface de l'eau, mais encore à d'abondantes infiltrations qui n'ont rien de surprenant si l'on considère la nature sablonneuse du sol.

Mais toutes ces infiltrations ont pour conséquence de créer des nappes d'eau souterraines que l'on utilise journellement en creusant des puits à différentes profondeurs.

Ce sont ces eaux qui servent à l'alimentation ; elles subviennent encore aux besoins des différentes usines notamment celles qui ont pour but d'extraire le nitrate de soude des salpêtrières.

Outres ces nappes souterraines, il existe de nombreuses

sources d'eau jaillissantes ou ascendantes plus ou moins minéralisées.

Les sources thermominérales sont nombreuses soit au voisinage des volcans de la Cordillère des Andes, soit à une certaine distance de cette région.

Comme type de ces eaux on ne saurait citer de meilleurs exemples que celles des provinces de *Tarapacà* et d'*Antofagasta*.

Les nombreuses sources de la province de *Tarapacà* ont une température qui va de 28 à 90° ; leur composition chimique leur assigne une place parmi les eaux sulfatées sodiques calciques et sulfureuses.

La présence du sulfate de sodium et du sulfate de calcium dans ces eaux s'explique si l'on considère l'abondance des gisements de salpêtre, de sulfate de calcium, de chlorure de sodium et de borate de calcium, qui entrent pour une grande part dans la constitution géologique de cette région.

A ce sujet nous croyons intéressant de donner la composition du salpêtre de la *Pampa de Tumarugal*, d'après une analyse faite par M. Domeyko.

Nitrate de sodium.....	65,00
Sulfate de sodium.....	3,00
Chlorure de sodium.....	29,00
Iodure de sodium.....	0,60
Coquilles et sables.....	2,40
	100,00

Voici, d'autre part la composition des *Salares* de la Pampa de Tumarugal. Ces *Salares* ne sont autre que

les efflorescences minérales qui recouvrent le sol parfois sur d'immenses étendues de terrains.

Hydroboracite.	70
Sulfate de sodium	} 11,90
» de magnésium	
Chlorure de sodium	10,10
Matières insolubles	8,00
	100,00

L'hydroboracite est formée de :

Acide borique	45,90
Soude	7,90
Chaux	6,00
Magnésie	4,40
Eau	35,80
	100,00

Parmi les eaux de la province d'*Antofagasta*, celles provenant des sources d'*Ojos d'agua d'Ascotan*, de *Turi*, ainsi que l'eau des puits de *Taltal* nous serviront d'exemples.

Ces eaux sont froides et leurs constituants chimiques les font ranger dans le groupe des eaux chlorurées sodiques magnésiennes.

L'abondance de nombreux chlorures dans ces eaux n'a rien qui puisse surprendre si l'on envisage dans cette région la présence d'importantes salpêtrières.

M. Domeyko a donné de ces salpêtrières les quelques analyses que voici :

	Départements de	
	Taltal	Antofagasta
Nitrate de sodium.	24,50	33,56
Chlorure de sodium.	1,80	34,62
» de potassium.		0,40
» de magnésium		0,70
Sulfate de sodium	58,50	0,45
» de magnésium		
» de calcium	»	0,46
Matières insolubles	15,20	29,81
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

D'autre part, le sodium et le magnésium à l'état de borate, de nitrate, de sulfate et surtout de chlorure forment d'épaisses nappes salines au fond des lacs complètement desséchés aujourd'hui.

Ces anciens lacs paraissent avoir eu une composition très voisine de celle des lacs actuels que l'on rencontre dans la région des Andes, si l'on en juge par l'analyse des résidus de l'eau du lac d'Ascotan, faite par M. Domeyko.

Acide borique.	32,383	
Chlorure de sodium.	16,381	
Sulfate de calcium.	1,825	
Soude	5,916	
Chaux.	10,206	
Magnésie.	0,358	
Alumine	}	0,268
Oxyde de fer		
Matières insolubles.	4,021	
Eau	28,642	
	<u>100,00</u>	

De toutes les analyses concernant ces eaux, aucune à notre connaissance ne mentionne la présence de nitrates; nous regrettons quant à nous de n'avoir eu sous la main aucun échantillon de ces eaux, qui provenant d'un sol riche en nitrate doivent, à notre avis, forcément tenir en solution des quantités appréciables de ce composé.

DEUXIÈME ZONE

La province d'Aconcagua prise comme type des eaux de la deuxième zone est caractérisée par la présence de la rivière d'Aconcagua et de plusieurs sources; parmi celle-ci une des plus intéressantes est la source Jahuel qui est située à 20 kilomètres au nord de la ville de San Felipe.

Sa température est de 21°8.

Ses propriétés thérapeutiques lui valent d'alimenter les piscines d'un établissement thermal très fréquenté.

Au point de vue chimique, c'est une eau sulfatée calcique-sodique.

Quant à la rivière d'Aconcagua elle provient de la fonte des neiges de la Cordillère des Andes et se trouve grossie par plusieurs affluents.

Elle sert à alimenter la ville de San Felipe. C'est une eau sulfatée-calcique.

Troisième Partie

Etude hydrologique détaillée de la deuxième et troisième zone

Les analyses dont nous allons donner les résultats ont été effectuées dans le laboratoire de M. le professeur Gautier.

Les divers échantillons sur lesquels nous avons opéré nous ont été adressés sur notre demande de différentes localités du Chili.

La quantité relativement petite de liquide dont nous avons pu disposer ne nous a pas permis de faire des analyses complètes, force nous a donc été de limiter nos recherches à la détermination des grandes lignes de leur composition minérale.

Ces déterminations pourront en tout cas servir à nous faire une idée approximative des caractères les plus saillants des eaux appartenant aux différentes contrées et d'en tirer une classification.

D'autre part il se pourrait que la longue durée du voyage du Chili en France ait modifié légèrement leur composition. C'est surtout dans la teneur en gaz oxygène et en anhydride carbonique qu'a pu porter cette modification mais dans tous les cas nous estimons que les résultats ne s'éloignent pas sensiblement de la vérité.

Deux de ces eaux proviennent des sources minérales de la province d'Aconcagua, qui est située dans la deuxième zone.

Ces sources sont : la source d'Auco et la source du Palqui.

De la troisième zone nous présentons des eaux de diverses villes ou villages des provinces de Santiago, Curicó et Maule.

Ces eaux sont les suivantes :

	{	Source du Litre	{	Station thermale d'Apo-
		» du Fierro		quindo.
Province de Santiago		Eau potable de la ville de Saint-Bernardo.		
		» de puits du village de Pegnaflor.		
		» de source du village de Talagante.		
	{	» de puits du village de l'Ile de Maïpo.		
		» potable de la ville de Melipilla.		
Province de Curicó		Eau potable de la ville de Curicó.		
Province de Cauquenes	{	Eau potable de la ville de Cauquenes.		
		» de la rivière de Cauquenes.		

Méthodes d'analyses employées dans l'étude chimique

Eléments électro-positifs

Le fer et l'alumine ont été précipités à l'aide de l'ammoniaque, après avoir séparé l'acide silicique, puis ont été dosés en bloc en l'état d'oxydes (Fe_2O_3) (Al_2O_3).

La chaux a été précipitée au moyen d'une solution d'oxalate d'ammonium et dosée à l'état de sulfate de calcium.

Du poids de sulfate obtenu il a été facile de calculer la quantité correspondante de chaux (CaO)

La chaux une fois séparée nous avons précipité la *magnésie* à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien.

Ce précipité calciné nous a fourni du pyrophosphate de magnésium, dont le poids nous a permis de calculer la quantité correspondante de magnésie (MgO).

Après avoir transformé la *potasse* et la *soude* en chloroplatinates, nous avons traité par l'alcool-éther qui n'a dissous que le chloroplatinate de sodium.

Du poids de chloroplatinate de potassium, nous avons déduit la quantité correspondante d'oxyde de potassium (K^2O).

La *soude* a été recherchée dans la solution hydro-éthéro-alcoolique précédente et dosée avec les précautions d'usage à l'état de sulfate de sodium.

Du poids de ce sulfate nous avons déterminé la quantité correspondante d'oxyde de sodium (Na^2O).

Eléments électro-négatifs

Le *chlore* a été dosé par la méthode pondérale, à l'état de chlorure d'argent, et par la méthode volumétrique de Mohr.

Quant à l'*acide sulfurique* nous l'avons précipité à l'état de sulfate de baryum, dont le poids nous a permis d'évaluer la quantité correspondante d'anhydride sulfurique (SO^3).

L'*acide phosphorique* a été précipité sous forme de phosphomolybdate d'ammonium. Ce précipité, dissous dans l'ammoniaque, puis additionné d'une certaine quantité de

mixture magnésienne nous a donné un nouveau précipité de phosphate ammoniaco-magnésien ; ce dernier phosphate par calcination a été transformé en pyrophosphate de magnésium que nous avons pesé.

Ce poids connu, nous avons calculé le poids correspondant d'anhydride phosphorique (P^2O^5).

L'acide silicique a été précipité à l'aide de l'acide chlorhydrique ; ce précipité a été calciné afin de pouvoir doser l'acide silicique à l'état de silice (SiO^2).

L'acide nitrique a été dosé colorimétriquement.

Pour cela nous avons évaporé à siccité dans des récipients appropriés d'une part une quantité déterminée de l'eau soumise à l'analyse et d'autre part une solution de nitrate de potassium de titre connu.

Sur chacun de ces résidus nous avons versé le réactif sulfophéniqué, puis de l'eau ammoniacale.

Puis en comparant les deux teintes obtenues au moyen du colorimètre de Duboscq nous avons pu calculer la proportion d'anhydride nitrique contenue dans l'eau soumise à l'analyse (N^2O^5).

Pour doser l'acide nitreux on a fait usage également du colorimètre.

Pour cela nous avons ajouté à l'eau soumise à l'analyse quelques centimètres cubes de réactif de Tromsdorff (solution d'iodure de zinc contenant de l'amidon) puis de l'acide sulfurique.

La même opération a été effectuée avec une solution contenant un poids connu de nitrite de sodium.

Après examen au colorimètre on a calculé la proportion d'anhydride nitreux contenue dans l'eau analysée (N^2O^3).

Pour rechercher et doser l'*ammoniaque*, l'eau a été distillée dans un appareil de Schlöesing en présence d'un excès de magnésie, le gaz ammoniac a été reçu dans de l'acide sulfurique étendu et dosé ensuite colorimétriquement à l'aide du réactif de Nessler.

Gaz de l'eau

L'*acide carbonique* à l'état libre, l'acide carbonique demi-combiné et l'acide carbonique total ont été dosés suivant la méthode Pettenkofer-Trillich.

L'acide carbonique à l'état libre et demi-combiné a été précipité au moyen d'une solution titrée d'hydroxyde de baryum en présence d'une solution de chlorure de baryum.

Après précipitation du carbonate de baryum, on a déterminé l'excès de baryte, en se servant d'une solution titrée d'acide oxalique que l'on a fait couler dans une portion du liquide surnageant ; mais il a fallu tenir compte de la quantité de magnésie que contenait l'eau à analyser.

L'*acide carbonique total* a été déterminé dans le liquide provenant de l'opération précédente et contenant le précipité de carbonates, au moyen d'une solution titrée d'acide chlorhydrique, mais en tenant compte de la quantité de baryte en solution dans le liquide surnageant, et en faisant une correction pour la magnésie.

L'*oxygène dissous* dans l'eau, a été dosé suivant la méthode de M. A. Lévy,

Nous avons introduit dans une burette *ad hoc* de l'eau à essayer, puis une solution de sulfate ferreux ammoniacal titrée par rapport à une solution de perman-

ganate de potassium, également d'un titre connu et enfin de la lessive de soude.

La réaction une fois terminée nous avons versé de l'acide sulfurique : nous avons pu alors évaluer au moyen du permanganate la proportion de fer resté à l'état de sel de protoxyde.

La même opération a été répétée avec une autre prise d'essai de la même eau, mais en évitant la précipitation de l'hydrate ferreux.

La différence entre les mêmes volumes de permanganate successivement employés dans ces deux titrages nous a permis de calculer la quantité d'oxygène dissous dans l'eau analysée.

Notation des résultats analytiques

Le chlore	a été évalué en	Cl
L'acide nitrique	—	N^2O_5
L'acide nitreux	—	N^2O_3
L'acide carbonique	—	CO^2
L'acide phosphorique	—	P^2O^5
L'acide silicique	—	SiO^2
Le soude	—	Na^2O
La potasse	—	K^2O
Le fer	—	Fe^2O_3
L'alumine	—	Al^2O_3
L'ammoniaque	—	NH^3

Combinaison des éléments en vue d'obtenir la composition probable des eaux

Pour exprimer la composition probable des eaux du Chili nous avons groupé conformément aux méthodes habituelles les résultats analytiques obtenus.

Toutes les eaux dont nous avons eu l'occasion de nous occuper peuvent se classer en trois catégories : eaux sulfatées calciques et magnésiennes, eaux chlorurées calciques, sodiques et eaux sulfatées calciques, sodiques et magnésiennes ; or, à chaque catégorie correspond une méthode de groupement spéciale : nous allons donc les examiner tour à tour.

1^o *Eaux sulfatées calciques et magnésiennes.* — Nous commençons par unir au calcium tout le CO^2 combiné.

Le reste du calcium est employé à neutraliser l'acide nitrique et une partie de l'acide sulfurique.

Ce qui reste d'acide sulfurique nous le faisons entrer en combinaison avec le magnésium.

Quant au sodium il est tout naturel de l'exprimer en chlorure car il sature exactement tout l'acide chlorhydrique trouvé.

2^o *Eaux chlorurées calciques et sodiques.* — Les acides nitreux et nitrique étant unis à la chaux nous faisons entrer ce qui nous reste de chaux en combinaison avec l'acide sulfurique et avec l'acide chlorhydrique.

L'acide phosphorique est combiné au sodium sous forme de phosphate disodique. Le reliquat de sodium, le potassium et le magnésium saturant tous trois exactement le restant d'acide chlorhydrique nous donneront trois chlorures.

Eaux sulfatées calciques, sodiques et magnésiennes. — Nous unissons au magnésium et à une partie du calcium tout l'acide carbonique combiné ; l'acide sulfurique saturant exactement ce qui reste de calcium nous donne du sulfate de calcium.

Quant au sodium il se combine à l'acide chlorhydrique trouvé à poids moléculaires équivalents.

DEUXIÈME ZONE

Etude de quelques eaux de la province d'Aconcagua

Parmi les eaux de la province d'Aconcagua nous avons analysé l'eau de deux sources

Ces sources, qui jaillissent à un kilomètre environ l'une de l'autre, au sein des roches porphyriques d'un des contreforts des Andes, sont les sources d'*Auco* et du *Palqui*.

Elles sont à une altitude de 980 mètres environ et à 14 kilomètres au sud-est de la ville de Santa Rosa des Andes.

Cette ville fait partie de la province d'Aconcagua et se trouve située par les 32°55' de latitude et 70°37' de longitude.

De ces sources jaillit une eau très limpide, mais qui devient légèrement trouble par une ébullition prolongée, la saveur en est très agréable et la minéralisation faible.

Le carbonate et le sulfate de calcium sont les éléments qui dominent dans ces eaux. C'est ainsi que la source d'*Auco* contient 0 gr. 141 de carbonate de calcium par litre ; la source du Palqui en renferme 0,13874.

Leur température prise à la source même est de 26 degrés.

Ces eaux appartiennent au groupe des carbonatées sulfatées calciques et magnésiennes.

Le tableau ci-dessous indique les éléments minéraux

qu'elles comportent et la façon dont ces éléments paraissent combinés entre eux.

Eléments dosés par litre à + 15°	Auco	Palqui
Chlore.....	0,0148	0,02968
Acide nitrique.....	0,0005	0,0001
» sulfurique.....	0,0454	0,0824
» carbonique total.	0,1840	0,1830
» » combiné....	0,06202	0,06092
Soude.....	0,0129	0,0259
Potasse.....	traces	traces
Chaux.....	0,0906	0,10365
Magnésie.....	0,0144	0,0227
Silice.....	0,031	0,024
Alumine et oxyde de fer.....	0,0189	0,006
Oxygène dissous, exprimé en volume.....	4 cmc 9	4 cmc 3

Composition probable	Auco	Palqui
Carbonate de calcium.....	0,141	0,13874
Sulfate de calcium.....	0,02822	0,0629
» de magnésium.....	0,0432	0,0681
Chlorure de sodium.....	0,024387	0,0489
» de potassium.....	traces	traces
Silice.....	0,031	0,024
Alumine et oxyde de fer.....	0,0189	0,006
Nitrate de calcium.....	0,000759	0,00015
Poids de sels anhydres, par litre à + 15°.....	0,287466	0,34879
Résidu observé à 180° par litre.	0,289	0,346

Classification : Carbonatées sulfatées calcaïques et magnésiennes.

Nous devons remarquer que les formations correspondant aux séries des calcaires et des arenacées rougeâtres font

partie des terrains de cette province ainsi que des quelques montagnes qui la sillonnent.

Les dépôts calcaires et marneux ont pris un grand développement sur les flancs occidental et oriental de la base des montagnes : ce sont les calcaires qui forment les plus hauts sommets de ces montagnes.

Outre ces dépôts calcaires et marneux, on trouve en divers endroits de ces montagnes du sulfate de calcium cristallisé dans les assises calcarifères, et du sulfate d'aluminium et de fer dans les couches marneuses.

Ces faits semblent nous expliquer la composition de ces eaux, qui est en relation étroite, avec la nature des terrains où elles prennent leur source.

TROISIÈME ZONE

Etude de quelques eaux des provinces de Santiago, Curico et Maule

Nous commencerons par l'étude des eaux de la province de Santiago pour continuer par celles des provinces de Curico et de Maule.

1^o EAUX DE LA PROVINCE DE SANTIAGO

La province de Santiago, où se trouve la ville du même nom, capitale du Chili, est située entre la Cordillère des Andes et l'Océan Pacifique : entre le 33° et le 34°12' de latitude.

Elle comprend les trois départements de Santiago, de la Victoria et de Mellipilla.

Sa superficie est de 13.527 kilomètres carrés. C'est la plus importante et la plus riche du Chili tant au point de vue commercial qu'au point de vue industriel et agricole.

Le bassin de cette province dit bassin de Maïpo (1) comprend des eaux provenant de sources, de rivières et de nappes d'infiltrations superficielles ou profondes (eaux artésiennes).

Tous les cours d'eau de ce bassin se jettent dans le fleuve Maïpo lui apportant ainsi toutes les eaux de la Cordillère des Andes et des montagnes de la chaîne centrale.

Le fleuve Maïpo prend sa source dans un massif calcaire de la Cordillère des Andes, il arrose les départements de la Victoria et de Melipilla, puis la partie sud du département de Santiago, grâce à des canaux d'irrigation.

Ses eaux entraînent un sédiment limoneux qui, en se déposant, fertilise les terrains qu'il arrose.

Enfin après un parcours de 210 kilomètres, pendant lequel il reçoit plusieurs affluents, il débouche dans l'Océan Pacifique par le 33°40' de latitude.

Nous avons déjà donné les analyses de quelques-unes des eaux de ce bassin.

Ces eaux sont les suivantes :

Eau de la source de la Piedra.	}	Station thermale d'Apoquindo.
» de la source du Litre.		
» de la source de la Cagnita.		
» de la source Colina.	}	Station thermale de Colina.

1. Consulter la carte hors texte.

Nous avons repris l'analyse de la source du Litre, qui avait été faite par M. Domeyko.

Nous avons également analysé l'eau de la source du Fierro qui appartient à la même station dont la composition n'avait pas encore été déterminée.

Nous donnons en outre les analyses des eaux suivantes, comprises dans ce même bassin.

Eau potable de la ville de San Bernardo.

- » de puits du village de Pegnaflor.
- » de source du village de Tilagante.
- » de puits du village de l'île de Maipo.
- » de source de la ville de Melipilla.

Station d'Apoquindo. — A dix kilomètres à l'est de la ville de Santiago et à 800 mètres d'altitude se trouve l'établissement thermal qui porte le nom d'Apoquindo, il est alimenté par quatre principales sources qui très voisines de cet établissement jaillissent côte à côte au milieu des roches porphyriques métamorphisées.

Ce sont : la Cagnita, le Litre, la Piedra et le Fierro.

Cet établissement est très fréquenté depuis une quarantaine d'années non seulement à cause des vertus thérapeutiques de ses eaux mais encore parce que cette station thermale est très proche de la capitale et que le baigneur peut y jouir du panorama splendide qui se déroule sous ses yeux.

Toutes ces raisons font de ce centre thermal le rendez-vous estival le plus suivi et le plus agréable.

L'eau en est limpide, sans odeur ni saveur désagréables ; elle ne laisse aucun dépôt dans les sources. Sa réaction est neutre.

Quant à la température elle varie avec chaque source :

Source de la Piedra.	17°66
» du Litre.	23°33
» de la Cagnita.	23°10
» du Fierro.	19°5

La source du Litre dégage une quantité d'azote que M. Domeyko a évalué à 26 litres par vingt-quatre heures et cela pour une surface de 1 décimètre carré.

Mais les trois autres sources dégagent une moindre proportion de ce gaz.

Leur débit en vingt-quatre heures est le suivant :

Source de la Piedra.	3 000 litres
» du Litre.	45.360
» de la Cagnita.	17.280
» du Fierro.	3.024
Total.. . . .	<u>68.664</u> litres

M. Domeyko a analysé les eaux de la Piedra, du Litre et de la Cagnita ; nous en avons d'ailleurs donné les résultats dans la première partie de ce travail.

Source du Litre. — Personnellement nous avons trouvé que cette eau contenait entre autres éléments du chlorure de calcium (1 gr. 5527 par litre), du chlorure de sodium (0 gr. 71935 par litre), du sulfate de calcium (0 gr. 1156 par litre), du chlorure de magnésium (0 gr. 0232 par litre), du chlorure de potassium (0 gr. 005 par litre) et de l'acide phosphorique (0 gr. 007 par litre).

En outre, nous avons trouvé des quantités d'acides nitrique et nitreux qui calculés en anhydrides correspon-

dants nous ont donné par litre : 0 gr. 00003 d'anhydride nitrique, et 0 gr. 00005 d'anhydride nitreux.

Or les analyses de M. Domeyko n'indiquent guère que des traces de chlorure de magnésium et ne mentionnent même pas la présence des acides nitrique et nitreux.

Cette eau appartient donc au groupe des chlorurées calciques.

Dans les tableaux suivants on pourra comparer les résultats analytiques trouvés par M. Domeyko et ceux que nous avons obtenus.

Eléments dosés à + 15 degrés par litre	Résultats obtenus par M. Domeyko	Résultats obtenus par M. Jara
Chlore	1,4825	1,447
Acide nitrique	»	0,00003
» nitreux	»	0,00005
» sulfurique	0,0311	0,068
Soude	0,3683	0,38415
Potasse	0,00252	0,003159
Chaux	0,892	0,83105
Magnésie	traces	0,00977
Silice	0,023	0,035
Alumine et oxyde de fer . .	0,034	0,0098
Acide phosphorique	0,01	0,007

Composition probable

Chlorure de calcium	1,68	1,5527
» de sodium	0,695	0,71935
» de potassium	0,004	0,005
» de magnésium	traces	0,0232
Sulfate de calcium	0,053	0,1156
Nitrate de calcium	»	0,000045
Nitrite de calcium	»	0,00008
Silice	0,023	0,035
Alumine et oxyde de fer . .	0,034	0,0098
Phosphate disodique	»	0,014
Acide phosphorique	0,010	»
Poids dessels anhydres p. l ^{re} .	2,499	2,474775
Résidu observé à 1800. . .		2,46

Classification : Chlorurée, calcique et sodique.

Source du Fierro. — Quant à la source du Fierro dont aucun auteur jusqu'à présent n'avait donné la composition, l'on peut dire que sauf les acides nitreux et phosphorique qui font complètement défaut, les autres constituants salins de cette eau sont les mêmes que ceux déjà indiqués pour la source du Litre, mais en moins grande proportion toutes-fois.

Comme cette dernière elle appartient au groupe des chlorurées calciques-sodiques.

Éléments dosés, par litre à + 15 degrés Source Fierro

Chlore	0,69342
Acide nitrique.	0,00003
» sulfurique	0,0462
Soude	0,20239
Potasse.	0,00189
Chaux	0,37032
Magnésie	0,0177
Silice.	0,0298
Alumine et oxyde de fer	0,008

Composition probable

Chlorure de calcium.	0,66983
» de sodium.	0,3823
» de potassium	0,003
» de magnésium	0,04203
Sulfate de calcium.	0,07854
Nitrate de calcium	0,00005
Silice.	0,0298
Alumine et oxyde de fer.	0,008
Poids des sels anhydres par litre.	1,21355
Résidu observé à 1800	1,20

Classification : chlorurée calcique et sodique.

Eau potable de la ville de Saint Bernardo. — La ville de Saint Bernardo est située par les 33°33' de latitude et 70°44' de longitude ouest et à une altitude de 572 mètres.

L'eau, qui alimente cette ville, provient de sources qui doivent leur origine à la fonte des neiges de la Cordillère des Andes ; cette eau est très peu minéralisée, car elle se trouve captée presque à sa sortie de la montagne.

Ayant eu l'occasion d'en faire l'analyse, nous avons vu que l'élément qui y dominait était le sulfate de calcium.

Cette eau peut être classée parmi les eaux sulfatées calciques, sodiques et magnésiennes.

Voici du reste les résultats que nous avons obtenus :

Eléments dosés, par litre à 15 degrés	Eau potable de la ville de Saint Bernardo
Chlore.	0,0056
« sulfurique.	0,0077
« carbonique total.	0,036
« « combiné	0,01074
Soude.	0,00488
Chaux	0,015
Magnésie.	0,0029
Silice	0,007
Alumine et oxyde de fer.	0,003
Ammoniaque	0,00004
Oxygène dissous, exprimé en vo- lume	6 cmc 9

Composition probable

Sulfate de calcium.....	0,01309
Chlorure de sodium.....	0,00922
Carbonate de calcium.....	0,01716
» de magnésium.....	0,00609
Silice.....	0,007
Alumine et oxyde de fer.....	0,003
Poids des sels anhydres par litre.	0,05556
Résidu observé à 180° par litre..	0,06

Classification : Sulfatée calcique, sodique et magnésienne.

Eau de puits du village de Pegnaflor. — Le village de Pegnaflor, situé 18 kilomètres à l'ouest de la ville de Saint-Bernardo et par le 33° 36' 18" de latitude, n'utilise pour l'alimentation que de l'eau de puits. Ces puits sont creusés à une faible profondeur, 20 ou 25 mètres environ, dans un terrain d'alluvions récentes.

Cette eau est limpide, elle n'abandonne aucun dépôt dans les récipients et sa saveur est désagréable.

A l'ébullition elle se trouble et laissant déposer des sels calcaires.

Elle forme avec l'eau de savon un précipité abondant.

La réaction est neutre au tournesol.

En faisant l'analyse de l'eau d'un de ces puits, nous avons trouvé comme élément prédominant le sulfate de calcium, dans la proportion de 0 gr. 3502 par litre.

Le résidu formé par les sels anhydres est de 0 gr. 815 par litre.

Sa composition minérale la range parmi les eaux sulfatées calciques-sodiques, magnésiennes.

Voici son analyse détaillée :

Eléments dosés par litre à + 15 degrés	Eau de puits de Pegnaflor.
Chlore.....	0,116
Acide nitrique.....	0,00003
» sulfurique.....	0,206
» carbonique total.....	0,0214
» » combiné.....	0,0665
Soude.....	0,1012
Potasse.....	traces
Chaux.....	0,2223
Magnésie.....	0,0414
Silice.....	0,025
Alumine et oxyde de fer.....	0,0098
Ammoniaque.....	0,00004
Oxygène dissous, exprimé en volume.....	4 cmc 2

Composition probable.

Sulfate de calcium.....	0,3502
Chlorure de sodium.....	0,1911
Carbonate de calcium.....	0,1409
» de magnésium.....	0,08694
Silice.....	0,025
Alumine et oxyde de fer.....	0,0098
Nitrate de calcium.....	0,00004
Poids des sels anhydres, par litre.	0,80398
Résidu observé à 180° par litre...	0,815

Classification : sulfatée calcique, sodique et magnésienne.

Eau de source du village de Talagante. — Au milieu du village de Talagante, qui est situé par les 33°39' de latitude et 70°55' de longitude, à 32 kilomètres à l'ouest, de la ville de Santiago, à 343 mètres d'altitude et sur la rive gauche de la rivière Mapocho, jaillit une source d'eau froide, qui prend naissance au sein de terrains sablonneux. Elle est utilisée pour l'alimentation.

Cette eau est limpide, de saveur légèrement saumâtre et se troublant par la chaleur. Elle est assez riche en sels calcaires pour précipiter abondamment l'eau de savon.

L'analyse nous a démontré que le sulfate de calcium en est l'élément le plus important, il s'y trouve dans la proportion de 0 gr. 3383 par litre.

D'après sa composition chimique, cette eau entre dans la catégorie des eaux sulfatées calciques, sodiques et magnésiennes.

Ses éléments sont les suivants :

Eléments dosés par litre à + 15°	Eau de source du village de Talagante
Chlore	0,102
Acide nitrique	0,00006
» sulfurique	0,199
» carbonique total	0,24958
» carbonique combiné . .	0,10329
Soude	0,089
Potasse	traces
Chaux	0,218
Magnésie	0,0378
Silice	0,0218
Alumine et oxyde de fer . .	0,005
Ammoniaque	traces
Oxygène dissous, exprimé en volume	5 cme. 6

Composition probable

Sulfate de calcium.	0,3383
Chlorure de sodium.	0,16807
Carbonate de calcium.	0,14038
» de magnésium.	0,07938
Nitrate de calcium.	0,00009
Silice.	0,025
Alumine et oxyde de fer. . . .	0,005
Poids de sels anhydres.	0,75622
Résidu observé à 180° par litre.	0,78

Classification : Sulfatée calcique, sodique et magnésienne.

Il est intéressant de remarquer que l'eau de la rivière Mapocho, sur la rive de laquelle jaillit cette source, présente la même composition que cette dernière : les éléments toutefois y sont en moins grande proportion, ainsi que l'indique le tableau suivant :

	Source du village de Talagante	Rivière Mapocho
Sulfate de calcium.	0,3383	0,147
Chlorure de sodium.	0,16807	0,0324
Carbonate de calcium.	0,14038	0,0377
Carbonate de magnésium. . . .	0,07938	0,0241
Silice	0,025	0,0231
Alumine et oxyde de fer. . . .	0,005	0,0017
Nitrate de calcium.	0,00009	»
Résidu fixe total par litre.	0,75622	0,266

Eau de puits du village de l'île de Maipo. — Dans la même région nous nous sommes livré à des recherches analytiques sur l'eau de l'île de Maipo.

Ce village se trouve dans une île formée par les bran-

ches du fleuve Maïpo, à 40 kilomètres au nord de la ville de Saint-Bernardo.

La population de ce village ne se sert pour les usages journaliers que de l'eau des puits qui, ainsi qu'à Pegnaflor sont creusés dans des terrains d'alluvions.

Cette eau est limpide, se troublant à l'ébullition ; elle a une saveur désagréable et est impropre au savonnage.

Par évaporation elle laisse un résidu de 0 gr. 5265 par litre, dans lequel dominant les sels calcaires et en particulier le sulfate de calcium.

Sa composition détaillée dans le tableau suivant lui assigne une place parmi les eaux sulfatées calciques, sodiques et magnésiennes :

Eléments dosés par litre à + 15 degrés	Eau de puits du village l'Ile de Maïpo
Chlore.	0,071
Acide sulfurique.	0,1475
» carbonique total.	0,1521
» combiné.	0,05922
Soude.	0,062
Potasse.	traces
Chaux.	0,1534
Magnésie.	0,018
Silice.	0,0149
Alumine et oxyde de fer	0,0073
Ammoniaque.	0,00008
Oxygène dissous, exprimé en vo- lume.	5 cmc. 6

Composition probable	Eau de puits du village de l'Île de Maïpo
Sulfate de calcium.	0,25075
Chlorure de sodium.	0,117
Carbonate de calcium.	0,08955
» de magnésium.	0,0378
Silice.	0,0149
Alumine et oxyde de fer. . . .	0,0073
Ammoniaque.	traces
Poids des sels anhydres, par litre.	0,5173
Résidu observé à + 180° par li- tre.	0,5265

Classification : Sulfatée calcique, sodique et magnésienne .

Eau potable de la ville de Melipilla. — Melipilla est la capitale du département du même nom : elle est située par 33°44' de latitude et 71°12' de longitude, à 120 mètres d'altitude et à 65 kilomètres vers le sud-ouest de la ville de Santiago.

L'eau potable de cette ville provient des sources qui se forment dans les montagnes de la Cordillère des Andes, à la suite de la fusion des neiges.

Elle est limpide, sa saveur est assez agréable et elle précipite l'eau de savon.

Le poids de ses sels anhydres, par litre, est de 0 gr.1275 ; ces sels sont constitués en grande partie par du sulfate et du carbonate de calcium avec une certaine proportion de chlorure de sodium et du carbonate de magnésium.

Sa composition chimique, telle qu'on peut la voir dans le tableau ci-dessous, la range parmi les eaux sulfatées calciques et magnésiennes.

Éléments dosés par litre à + 15 degrés.	Eau de la ville de Melipilla
Chlore	0,0052
Acide sulfurique.	0,0224
» carbonique total.	0,1418
» » combiné	0,03376
Soude	0,0048
Potasse.	traces
Chaux.	0,037
Magnésie	0,01547
Silice.	0,010
Alumine et oxyde de fer.	0,002
Ammoniaque	traces
Oxygène dissous, exprimé en volume	4 cmc.

Composition probable

Sulfate de calcium.	0,03808
Chlorure de sodium.	0,00856
Carbonate de calcium	0,03807
» de magnésium	0,03248
Silice.	0,010
Alumine et oxyde de fer.	0,002
Ammoniaque	traces
Poids de sels anhydres par litre. .	0,12919
Résidu observé à + 180° par litre.	0,1275

Classification : Sulfatée, calcaire et magnésienne.

D'après les analyses précédentes on peut remarquer

que toutes les eaux de cette province sont riches en sels calcaires et notamment en sulfate de calcium.

Cela s'explique aisément, si l'on considère que dans la plupart des montagnes de la Cordillère des Andes de cette région, les formations calcaires, arenacées rougeâtres et argilo-gypseuses se trouvent très développées, quelques massifs, même, étant entièrement constituées par elles.

C'est ainsi qu'un long chaînon des Andes de cette province est entièrement formé de blocs de gypse dont la composition est la suivante :

Eau	9,6
Sulfate de calcium.....	86,632
Carbonate de calcium.....	1,135
Résidu insoluble.....	<u>2,633</u>
	100,000

Le chlorure de sodium que l'on trouve fréquemment dans ces eaux en proportion assez élevée, abonde également dans les montagnes de la Cordillère des Andes.

Ce composé salin prend la forme de sels efflorescents et de stalactites dans quelques travertins.

On le retrouve même dans des sources situées à une certaine altitude, comme celle dite *Salinas de Maipu*, dans le département de la Victoria, qui est à une hauteur de 2.660 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Sa composition est la suivante :

Chlorure de sodium.....	33,671
Sulfate de sodium.....	0,428
Sulfate de calcium.....	3,906
Carbonate de calcium.....	0,840
Carbonate de fer.....	<u>0,015</u>
Poids de sels par litre.....	38,860

2° EAUX DE LA PROVINCE DE CURICO

La ville de Curicó, appartenant au département et à la province du même nom, est située par les 33° 38' de latitude et 71° 19' de longitude et à 218 mètres d'altitude.

L'eau employée pour sa consommation descend des sources formées par la fonte des neiges de la Cordillère des Andes qui sillonne cette région.

Elle est très limpide et de saveur agréable, elle contient 0 gr. 176 de sels anhydres par litre.

Ce résidu salin est représenté principalement par du sulfate de calcium dans la proportion de 0 gr. 0986 et du chlorure de sodium, 0 gr. 039 par litre.

D'après la nature de ces sels, cette eau appartient aux sulfatées calciques et sodiques.

Voici son analyse :

Eléments dosés par litre à + 15 degrés	Eau de la Ville de Curico
Chlore.	0,0237
Acide sulfurique	0,058
» carbonique total.	0,0326
» » combiné.	0,0088
Soude	0,0206
Potasse	traces
Chaux.	0,0406
Magnésie	0,008
Silicé	0,013
Alumine et oxyde de fer	0,003
Oxygène dissous, exprimé en vo- lume	6 cmc. 1

Composition probable

Sulfate de calcium	0,0986	.
Chlorure de sodium	0,039	
— de potassium.	traces	
Carbonate de magnésium	0,0168	
Silice	0,013	
Alumine et oxyde de fer.	0,003	
Poids de sels anhydres par litre.	<u>0,1704</u>	
Résidu observé à + 180° par li-		
tre.	0,176	
Classification : Sulfatée, calcique et sodique.		

3° EAUX DE LA PROVINCE DE MAULE

Cette province est située entre les 35°20' et 36°38' de latitude et les 72° et 72°50' de longitude.

Elle se divise en trois départements, à savoir : Cauquenes, Constitution et Itata.

Nous avons eu à analyser deux eaux du département de Cauquenes ; l'une d'elles provenait d'une source qui fournit de l'eau potable à la ville de Cauquenes, située par les 35°57' de latitude sud et 72°17' de longitude ouest, et à 143 mètres d'altitude ; la deuxième était de l'eau de rivière de Cauquenes qui traverse la ville du même nom.

Ces eaux font partie du bassin de Maule qui est le

plus important du Chili, car il s'étend depuis le 35°7' jusqu'au 36°30' de latitude, arrosant une superficie de 25.000 kilomètres carrés. Ces deux eaux, dont nous allons donner la composition, peuvent servir de type à toutes celles qui naissent dans la Cordillère côtière de cette région.

Eau potable de la ville de Cauquenes. — L'eau employée pour l'alimentation de cette ville prend naissance à une source située au pied des montagnes granitiques dont se composent les Cordillères côtières ; cette source jaillit au sein de terrains siliceux et argileux où pousse une abondante végétation.

Captée dès sa sortie de terre, cette eau est conduite à la ville de Cauquenes au moyen d'une canalisation en fonte sur un parcours de 12 kilomètres.

L'eau que nous avons analysée a été prise à une fontaine de la ville.

Elle est douée d'une grande limpidité et d'une saveur agréable. Elle ne se trouble nullement à l'ébullition ; elle ne précipite pas par l'eau savonneuse et est très peu minéralisée, car le poids des sels anhydres est seulement de 0 gr. 0676 par litre.

Ici encore, c'est le sulfate de calcium qui l'emporte sur les autres éléments ; il y est contenu dans la proportion de 0 gr. 0204 par litre.

C'est une eau sulfatée calcique, sodique et magnésienne.

Le tableau suivant indique les éléments contenus dans cette eau :

Eléments dosés, par litre, à + 15 degrés	Eau potable de la ville de Cauquenes
Chlore	0,007
Acide sulfurique	0,012
» carbonique total	0,02765
» » combiné	0,00472
Soude	0,0061
Chaux	0,010
Magnésie	0,0032
Silice	0,012
Alumine et oxyde de fer	0,008
Oxygène dissous, exprimé en volume	5 cmc. 48

Composition probable

Sulfate de calcium	0,0204
Chlorure de sodium	0,01153
Carbonate de calcium	0,00285
» de magnésium	0,00672
Silice	0,0120
Alumine et oxyde de fer	0,008
Poids de sels anhydres	0,0615
Résidu observé à + 180° par litre.	0,0676

Classification : Sulfatée calcique, sodique et magnésienne.

Eau de la rivière Cauquenes. — L'eau de la rivière Cauquenes que nous avons analysée a été puisée à la rivière même près de la ville de Cauquenes.

Cette rivière n'a qu'un faible débit pendant l'été, mais elle acquiert un volume assez abondant pendant la saison des pluies. Elle prend sa source dans le département d'I-tata par suite de suintements qui se produisent en divers endroits vers le nord et le nord-ouest de la Cordillère cotière.

Cette rivière coule sur des terrains d'alluvions granitiques et porphyriques pendant un parcours de 90 kilomètres environ.

L'eau de cette rivière est utilisée pour l'arrosage des terrains qui la bordent et pour l'alimentation de la ville de Cauquenes et des villages environnants.

Cette eau possède une grande limpidité et une saveur agréable, elle ne précipite pas sensiblement l'eau de savon qui devient à peine louche.

Elle est aussi peu minéralisée que l'eau de source dont nous venons de parler.

Elle fournit un poids de sels anhydres de 0 gr. 073 par litre, constitués encore par du sulfate de calcium dans la proportion de 0 gr. 0196 par litre, et par du carbonate de magnésium, 0 gr. 008 par litre.

Elle contient un peu plus de sel de magnésium et de sodium que la précédente.

Sa composition la fait classer parmi les eaux sulfatées calciques, sodiques et magnésiennes.

En voici l'analyse :

Eléments dosés, à + 15°	Rivière Cauquenes
Chlore.....	0,0119
Acide sulfurique.....	0,0150
Acide carbonique total.....	0,028
» » combiné.....	0,00616
Soude.....	0,0103
Potasse.....	traces
Chaux.....	0,013
Magnésie.....	0,0038
Silice.....	0,011
Alumine et oxyde de fer.....	0,004
Oxygène dissous, exprimé en volume.....	5 cmc. 4

Composition probable

Sulfate de calcium.....	0,0255
Chlorure de sodium.....	0,0196
Carbonate de calcium.....	0,0044
Carbonate de magnésium.....	0,008
Silice.....	0,011
Alumine et oxyde de fer.....	0,004
Poids de sels anhydres par litre	0,0725
Résidu observé à + 180° par litre.....	0,0730

Classification : sulfatée calcique, sodique et magnésienne.

CONCLUSIONS

Toutes les eaux que nous venons de décrire peuvent se répartir en trois groupes : sulfatées calciques et magnésiennes, chlorurées calciques-sodiques et sulfatées calciques sodiques et magnésiennes.

Peu d'entre elles présentent une forte minéralisation. Le poids de sels anhydres par litre varie entre 0 gr. 06 et 2 gr. 4747 ; néanmoins certaines d'entr'elles, bien que n'abandonnant à l'évaporation qu'un faible résidu salin, sont impropres à l'alimentation et aux usages domestiques, à cause de la quantité trop considérable de sulfate de calcium qu'elles renferment.

Récapitulons brièvement la liste de ces eaux en observant quelle est leur valeur alimentaire ou thérapeutique.

Eaux carbonatées sulfatées calciques et magnésiennes.

— Les eaux des sources d'Auco et de Palqui sont des eaux thermominérales ; une seule cependant est exploitée, c'est la source d'Auco ; elle contient 0 gr. 289 de sels anhydres par litre ; l'eau de Palqui est un peu plus riche (0 gr. 346) mais n'est pas utilisée se trouvant éloignée des principales villes et ne possédant qu'un faible débit.

Eaux chlorurées, calciques et sodiques. — Il n'en est pas de même des sources du Litre et du Fierro beaucoup plus minéralisées (2 gr. 47 et 1 gr. 21 de sels par litre) et

qui alimentent un établissement thermal très suivi et très apprécié dans le traitement de certaines affections dermatoses, arthritisme, etc.....

Eaux sulfatées calciques, sodiques et magnésiennes. — L'eau qui alimente la ville de Saint Bernardo peut être regardée comme très pure, car on y trouve seulement 0 gr. 06 de sels par litre.

Par contre les eaux que boivent les habitants de Penguaflo et de Talagante sont mauvaises et devraient être rejetées car elles contiennent une proportion trop forte de sulfate de calcium (0 gr. 3502 et 0 gr. 3383 par litre). Cette eau séléniteuse est totalement impropre à la cuisson des légumes et au savonnage ; l'eau dont se servent les insulaires de Maipo ne vaut guère mieux, elle renferme 0 gr. 25075 de sulfate de calcium par litre. Les eaux de Melipilla et de Curico sont propres à tous les usages culinaires ; leur teneur en sulfate de calcium ne s'élève pas au-dessus de 0 gr. 0986 par litre ; Cauquenes jouit également d'une eau excellente que lui apportent la rivière de Cauquenes (0 gr. 0255 par litre) et la source de Cauquenes (0 gr. 0204 par litre).

Il est regrettable que les villages de Talagante, de Penguaflo et de l'île de Maipo soient condamnés à faire usage d'une eau séléniteuse et par suite indigeste, quand il serait si facile de capter dans les environs des sources fournissant une eau presque pure et surtout exempte de micro-organismes ; car pour ce qui regarde ces deux dernières agglomérations les eaux proviennent exclusivement de puits toujours creusés au centre du village ; ces puits d'au-

tre part n'atteignent que les nappes superficielles et il en résulte des infiltrations de toute nature.

Aussi ces eaux de puits sont-elles de véritables milieux de culture pour tous les germes pathogènes et c'est ce que nous tenons à mettre en évidence : elles constituent un véritable danger pour la santé publique.

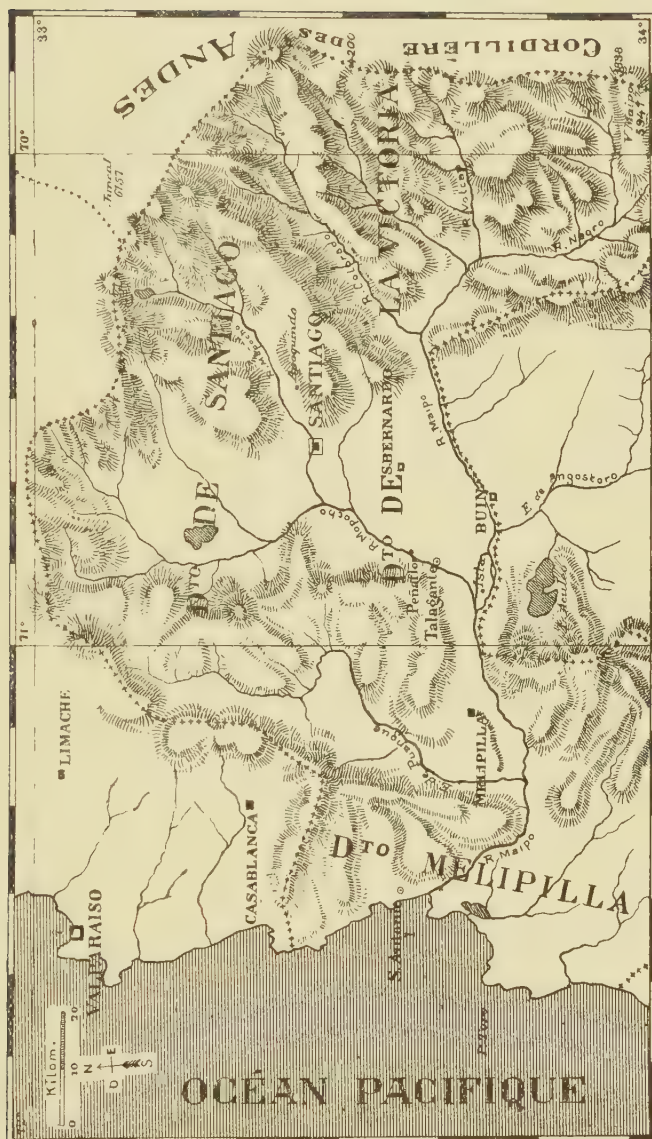
Aussi serait-il à désirer que les autorités du Chili adoptent un système de captage moins défectueux et pouvant par suite fournir aux nombreuses populations ainsi alimentées une eau plus conforme aux lois de l'hygiène et qui par suite serait exempte de toute trace de contamination.

Dans un autre ordre d'idées nous espérons que ces mêmes autorités feront analyser de temps à autre les différentes eaux de sources, afin de pouvoir mettre à profit toutes les richesses hydro-minérales du pays.

Vu : le Président de la thèse
G. BOUCHARDAT

Vu : le Directeur de l'École
L. GUIGNARD

Vu et permis d'imprimer
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris
LIARD



Bassin de Maipo
(Province de Santiago)

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

	Pages
Avant-Propos.....	5

PREMIÈRE PARTIE

Considérations générales

Bornes du Chili.....	8
Configuration.....	9
Orographie.....	10
Vallée longitudinale.....	11
Zones longitudinales.....	12
Zones transversales.....	13
Climatologie et météorologie.....	15
Climats.....	15
Vents.....	18
Pluies.....	19
Saisons.....	20
Aperçu géologique.....	21
Formations stratifiées.....	21
Formations massives.....	23
Hydrographie.....	24
Sources minérales.....	26

DEUXIÈME PARTIE

Données générales sur l'hydrologie de la première et deuxième zone

Première zone.....	31
Deuxième zone.....	35

TROISIÈME PARTIE

Etude hydrologique détaillée de la deuxième et troisième zone

Méthodes d'analyses employées.....	38
Eléments électro-positifs.....	38
Eléments électro-négatifs.....	39
Gaz en solution dans les eaux.....	41
Notation des résultats analytiques.....	42
Composition probable.....	42
Deuxième zone. — Etude de quelques eaux de la province d'Aconcagua : Source d'Auco, source de Palqui.....	44
Troisième zone. — Etude de quelques eaux des pro- vinces de Santiago, Curicó et Maule.....	46
<i>Province de Santiago.</i> — Station d'Apoquindo. Source du Litre. Source du Fierro.....	46
Eaux potables de la ville de Saint Bernardo.....	52
Eau de puits du village de Pegnaflor.....	53
Eau de source du village de Talagante.....	55
Eau de puits du village de l'Ile de Maipo.....	56
Eau potable de la ville de Melipilla.....	58
<i>Province de Curico.</i> — Eau potable de la ville de Cu- rico.....	61
<i>Province de Maule.</i> — Eau potable de la ville de Cau- quenes.....	62
Eau de la rivière Cauquenes.....	63
<i>Conclusions</i>	67

